

考虑支座转动约束作用三管梭形 钢格构柱的稳定性研究

郝际平, 袁昌鲁, 钟炜辉

(西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055)

摘 要:通过弹性屈曲分析和考虑大变形的弹塑性分析研究了考虑柱底转动约束作用的三管梭形格构柱的稳定性能. 分析了柱底转动约束刚度、初始几何缺陷作用方向、分布形式及幅值对梭形格构柱稳定性能的影响. 研究表明:考虑柱底转动约束作用时梭形柱的一阶弹性屈曲模态表现为“C”形和“S”形两种形式;考虑柱底转动约束作用后,初始几何缺陷的作用方向对梭形格构柱的稳定承载力影响较大,柱底转动约束刚度较弱的平面为缺陷的最不利作用方向;梭形格构柱对初始几何缺陷的分布形式较为敏感,当分布形式与其一阶弹性屈曲模态一致时,稳定承载力最小.

关键词:梭形格构柱;柱底转动约束;初始缺陷;稳定性能

中图分类号: TU 392.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2013)04-0457-06

梭形格构柱作为轴心受压构件,由于其具有优美轻巧的结构外观和优良的稳定性能,在机场航站楼、体育场馆、会展中心及索膜结构等公共建筑中有广泛应用. 典型的工程实例有广州新白云机场航站楼和上海世博轴工程.

梭形格构柱截面两端小,中间大,其抗弯刚度、抗剪刚度沿柱轴向非线性变化,受力复杂,在轴心压力作用下的屈曲性能有别于等截面柱(实腹式或格构式),目前对其承载力的计算与设计国内外规范均没有涉及. 清华大学郭彦林教授^[1]对梭形格构柱的弹性屈曲性能^[2]和稳定极限承载力进行了研究,同时结合广州白云机场航站楼梭形钢格构柱进行了缩尺模型^[3]和足尺结构^[4]的破坏性试验,提出了梭形钢格构柱整体稳定承载力的计算公式^[5]. 浙江大学赵阳教授对以轴力为主、同时考虑柱顶弯矩作用的梭形钢格构柱的整体稳定性能进行了研究^[6],并与上海世博轴工程中梭形格构柱的缩尺模型和足尺结构的试验结果进行了比较^[7],给出了梭形格构柱的计算方法. 但目前的研究都是基于柱底理想铰接梭形格构柱的性能,没有考虑柱底实际转动约束对梭形柱稳定性能的影响.

本文通过弹性屈曲分析和考虑大变形的弹塑性分析系统考察了考虑柱底转动约束作用的三管梭形格构柱的整体稳定性能. 重点考查柱底转动约束作用、初始几何缺陷等因素对梭形钢格构柱整体稳定性的影响.

1 梭形钢格构柱的特点和分析模型

梭形钢管格构柱一般是由钢管分肢和横向连接缀材构成,轴向钢管分肢是承受轴向荷载的主要构件,横向连接缀材的主要作用是将各个分肢连接成整体,共同抵抗横向剪力. 梭形格构柱主要用于承受轴向荷载. 与实腹式柱相比,当梭形格构柱发生弯曲失稳时,因为横向剪力要由比较柔弱的横向缀材负担或是柱肢也参与负担,剪切变形较大,导致梭形柱产生较大的附加侧向变形,它对梭形格构柱屈曲荷载的降低是不能忽略的. 三管梭形格构柱截面通常为正三角形(如图1所示). 此截面各分肢钢管对于任一方向的截面惯性矩均相同,即 $I = I_x = I_y = I_\theta$,但横向缀管的截面惯性矩在各个方向有所不同. 由于在梭形格构柱中缀管对整体截面惯性矩的影响相对较小,可以认为梭形格构柱的截面惯性矩在各个方向

收稿日期:2013-01-14 修改稿日期:2013-07-20

基金项目:陕西省教育厅专项科研项目(11JK0942)

作者简介:郝际平(1959-),男,山西襄垣人,教授,博士,博导,主要从事钢结构工程和教学研究.

均相同,无薄弱方向,各个方向的屈曲荷载均相同。

本文研究对象是柱顶铰接并考虑柱底支座转动约束的完善无初始缺陷轴心受压三管梭形格构柱,其基本组成单元为钢管,包括三根纵向分肢钢管和若干组水平横隔缀管。三根纵向分肢钢管在任意高度的水平截面构成正三角形(如图1b所示),其轴线形状为圆弧线,三根同高度的水平钢管构成一组横向缀管,其关于柱中点轴对称等间距布置,如图2所示。采用考虑剪切变形的 BEAM188 单元模拟分支钢管和横向缀管,约束柱底节点三个方向的平动自由度,采用矩阵单元 MATRIX27 模拟柱底三个方向的转动约束;柱顶节点则约束其两个水平方向的平动自由度(x, y 向)及绕柱纵轴(z 轴)的转动自由度。

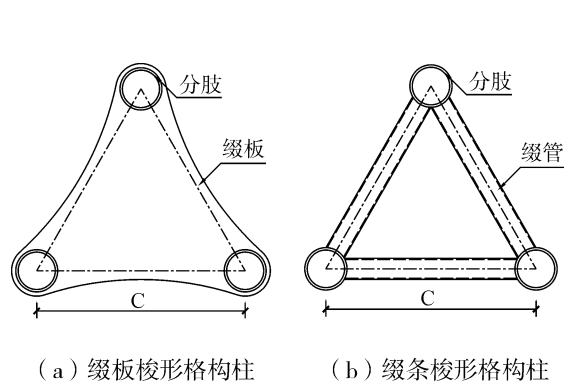


图1 三管梭形格构柱截面示意

Fig. 1 3-pipe shuttle-shaped steel latticed column cross section

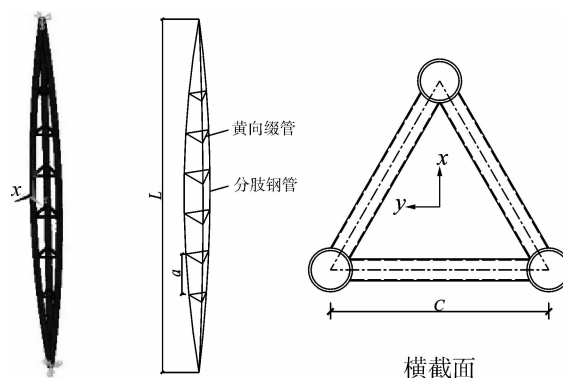


图2 有限元模型

Fig. 2 The finite element model of 3-pipe shuttle-shaped steel latticed column

2 模型验证

文献[8]结合世博轴工程,进行了三管梭形格构柱的破坏性试验研究,包括17 m高梭形柱的足尺试验和35 m高梭形柱的1:2缩尺试验。选取17 m高梭形柱的试验结果对本文ANSYS模型进行验证。17 m高梭形柱试件的分支钢管规格为 $\Phi 325 \times 20$,6块横隔板,厚度为30 mm,间距2 000 mm,钢材均为Q345B,钢管实测屈服强度为 338 N/mm^2 ,隔板实测屈服强度为 328 N/mm^2 。

本文非线性分析中考虑一阶屈曲模态的“S”形初始几何缺陷,缺陷幅值取 $L/500$ (L 为梭形格构柱的轴线长度),柱底理想铰接。有限元分析得到的柱顶轴向位移随荷载的变化曲线及相应的试验结果绘于图3。有限元计算的稳定承载力为12 985 kN,试验破坏荷载为13 125 kN,有限元结果为试验结果的98.9%,两者十分接近,且荷载—轴向位移曲线的发展趋势较为一致(见图3),吻合较好,证明了本文有限元模型的有效性。

3 弹性屈曲分析

实际工程中理想情况下的弹性屈曲虽不存在,但弹性屈曲分析是梭形柱稳定承载力分析的基础,弹性屈曲荷载反映了理想条件下的最大承载力和柱子的基本变形形态,它可作为承载力的上限检验非理想情况下计算得出的构件承载力的正确性。弹性屈曲模态也常作为初始几何缺陷的分布形式引入下一步的非线性稳定分析。

3.1 屈曲模态

三管梭形格构柱截面尺寸沿柱轴向非线性变化,本文借用等截面实腹柱长细比的概念定义梭形柱的长细比 $\lambda_m = L/i_m$,其中 i_m 为柱子跨中最大截面处回转半径。

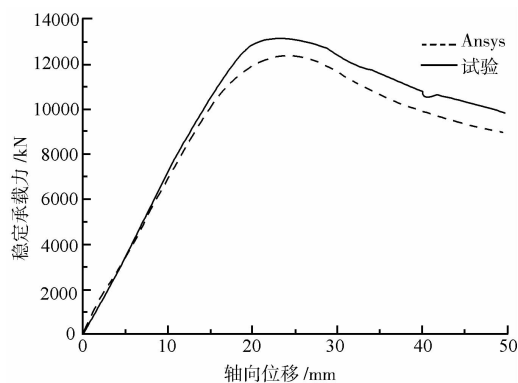


图3 梭形格构柱荷载—轴向变形曲线

Fig. 3 Load-axial deformation curve of column

由于梭形格构柱截面变化特点,其抗弯刚度在柱中部最大,向两端逐渐减小,而抗剪刚度则在柱中部最小,向柱两端逐渐增加,且抗弯刚度和抗剪刚度沿轴向均是非线性变化的.这种刚度变化导致梭格构柱的弹性屈曲性能有别于常规的等截面柱,具有特殊的弹性屈曲模态.

两种不同长细比($\lambda_m=26, \lambda_m=73$)梭形格构柱在轴向荷载作用下且考虑一定支座转动约束刚度时的一阶弹性屈曲模态表现为两种不同的形式:“S”形和“C”形,如图4所示.柱底转动约束刚度较小时,长细比 $\lambda_m=26$ 格构柱的一阶屈曲模态呈反对称“S”形,而长细比 $\lambda_m=73$ 的格构柱一阶屈曲模态呈对称“C”形.这与文献[1]、[2]指出的仅承受轴向荷载作用时梭形格构柱的弹性屈曲模态是一致的.当柱底转动约束刚度较大时,长细比 $\lambda_m=26$ 格构柱的一阶屈曲模态呈不对称“S”形,长细比 $\lambda_m=73$ 的格构柱一阶屈曲模态呈不对称“C”形.由分析可知,随着柱底转动约束刚度的增大,梭形格构柱一阶屈曲模态的最大变形位置逐渐向柱顶方向移动,使柱的屈曲形式由(反)对称向不对称形式发展.弹性屈曲模态是结构在荷载作用下的反应.对于两种不同长细比格构柱一阶屈曲模态的不同,反应了梭形格构柱的抗弯刚度和抗剪刚度的变化特性.当弯曲变形其主导作用时,一阶模态常为“C”形,此时梭形柱具有较弱的抗弯刚度较强的抗剪刚度;当剪切变形作用为主时,一阶模态常为“S”形,表明梭形柱具有较强的抗弯刚度较弱的抗剪刚度.

长细比 λ_m 是反映柱抗弯刚度的主要参数,一般而言, λ_m 越小,抗弯刚度越大,弯曲变形的影响作用越小,剪切变形的影响作用相对增强,一阶模态向“S”形发展,反之,向“C”形发展.

分析可知,三管梭形格构柱的截面惯性矩在各个方向均相同,其弹性屈曲模态是成对出现的,即一阶、二阶弹性屈曲模态的形状是一致的,相应的弹性屈曲荷载 q_{cr} 是相同的,仅是沿不同的方向屈曲,且屈曲模态之间正交.三阶、四阶弹性屈曲模态为一对,五阶、六阶弹性屈曲模态为一对,依此类推.

3.2 支座约束对弹性屈曲性能的影响

实际工程中,梭形柱的柱脚通常采用球型铰支座或采用销轴与基础相连.理想情况下,球型铰支座为完全铰接,只约束柱底的三个平动自由度,不限制柱底的转动.但实际情况中,由于摩擦力的存在,球型铰支座会提供一定的转动约束.同理,当采用销轴与基础连接时,理想状态下约束了柱底的三个平动自由度和两个转动自由度,但实际中,摩擦力等因素会使梭形柱绕销轴的转动受到一定约束.

在结构的稳定分析中,构件边界约束条件的影响十分重要.图5反映了不同支座转动约束刚度对两种不同长细比($\lambda_m=26, \lambda_m=73$)梭形格构柱的一阶弹性屈曲荷载的影响. Q_y 为柱端最小截面处的强度承载力, $Q_y=A_{\min}f_y$.从图5可以得出:对于长细比 $\lambda_m=26$ 的梭形格构柱,随着柱底转动约束刚度从0到 8×10^4 kN·m增大, Q_{cr} 的增大幅值达15%,对于长细比 $\lambda_m=73$ 的梭形柱,柱底约束刚度由0增大至 8×10^4 kN·m, Q_{cr} 的增大幅值为7%,说明:1)梭形格构柱对支座转动约束的影响较为敏感,在分析梭形柱稳定性能时应考虑其影响;2)随着梭形柱长细比的增大,支座约束对其弹性屈曲荷载的有利作用逐渐降低.

4 稳定极限承载力

以ANSYS软件为分析平台,对考虑柱底支座转动刚度的三管梭形柱的稳定承载力进行了较为系统的研究.研究应用大挠度弹塑性理论,考虑了几何缺陷分布形式、作用方向和缺陷幅值及支座刚度的影响.分析中采用Mises屈服准则,材料为双线性等向强化.

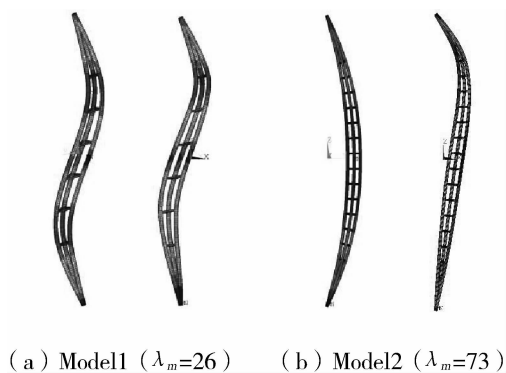


图4 一阶弹性屈曲模态

Fig. 4 The first-order elastic buckling mode

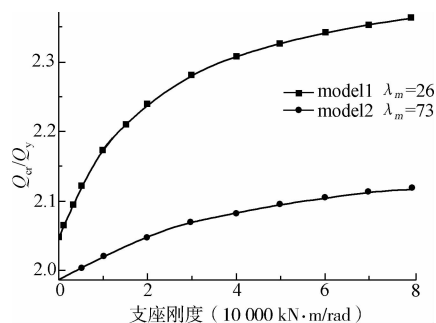


图5 支座约束刚度的影响

Fig. 5 The influence of bearing stiffness constraint

4.1 支座刚度的影响

在结构稳定承载力的非线性分析中,初始几何缺陷的影响十分重要.以一阶弹性屈曲模态作为初始缺陷的分布形式,缺陷幅值取柱轴线长度的 1/500,此时认为残余应力的影响包含在初始几何缺陷中^[9].考察柱底支座转动刚度对三管梭形格构柱稳定承载力的影响.

长细比 $\lambda_m=26$ 的梭形格构柱,柱底理想铰接时在轴向荷载作用下的一阶弹性屈曲模态为反对称的“S”形,其稳定承载力系数 Q_u/Q_y (稳定承载力 Q_u 与最小柱端截面承载力 Q_y 之比)为 1.03.从表 1 可以看出,随着柱底转动约束刚度从 0(理想铰接)增大到 $7\times 10^4\text{ kN}\cdot\text{m}$,梭形格构柱的稳定承载力系数由 1.03 增大为 1.22,增大幅值为 18%,可见支座转动约束作用对三管梭形格构柱稳定承载力的影响较为显著,计算其稳定承载力时应考虑支座转动约束的有利作用.

表 1 柱底支座刚度对稳定极限承载力的影响

Tab. 1 The influence of bearing stiffness on the stability limit bearing capacity of column

支座刚度($10^4\text{ kN}\cdot\text{m}$)	0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	∞
Q_u/Q_y	1.03	1.08	1.11	1.15	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.28

注:0—铰接; ∞ —刚接.

4.2 初始几何缺陷作用方向的影响

当梭形格构柱柱底采用销轴与基础连接时,虽然可以认为梭形柱抗弯刚度在任意方向均相同,但支座约束作用具有明显的方向性,因此需考察初始缺陷作用方向对考虑柱底约束作用梭形柱的影响.

由弹性屈曲分析可知,梭形柱的屈曲模态成对出现,且相互正交.因此,按照高等数学关于基的基本理论,以一阶、二阶弹性屈曲模态为基,得到任意角度的初始几何缺陷分布形式.长细比为 $\lambda_m=26$ 梭形柱的一阶弹性屈曲模态“S”形缺陷及长细比为 $\lambda_m=73$ 梭形柱的一阶弹性屈曲模态“C”形缺陷分别与 x 轴成 0° 、 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 、 180° 、 210° 、 240° 、 270° 、 300° 、 330° 时(如图 6 所示),计算分析梭形格构柱的稳定承载力时,初始缺陷幅值统一取为柱长的 1/500.根据《球型支座技术条件》(GB/T 17955-2000)中对支座设计转动力矩的规定,柱底转动约束刚度统一取 $500\text{ kN}\cdot\text{m}$,假设销轴转动方向绕 y 轴(图 6).表 2 给出了分析得到的初始几何缺陷不同方向的稳定承载力系数 Q_u/Q_y .

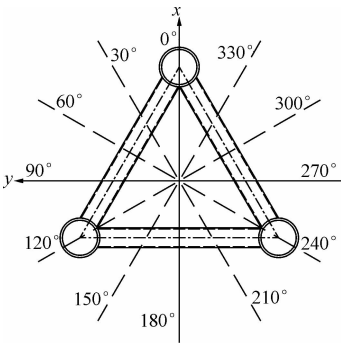


图 6 初始缺陷方向示意图
Fig. 6 The direction of initial imperfection

表 2 初始缺陷方向的影响

Tab. 2 The influence of the direction of initial imperfection

λ_m	初始缺陷作用方向											
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
26	1.07	1.14	1.19	1.24	1.18	1.08	1.07	1.12	1.20	1.25	1.06	1.09
73	1.29	1.19	1.13	1.24	1.29	1.18	1.08	1.21	1.31	1.24	1.13	1.18

由表 2 可以看出,考虑柱底支座转动约束作用后,初始缺陷作用方向对梭形格构柱稳定承载力的影响较大,在相同缺陷幅值下,梭形格构柱在不同缺陷方向的稳定承载力之间的差距最大可达 16% 以上.因此,在实际工程中,计算梭形格构柱的稳定承载力时应根据柱底支座的形式考虑初始缺陷的不利作用方向.进一步分析可知,在考虑支座转动约束作用时,支座转动约束较弱的方向为缺陷作用最不利方向.

对于一阶弹性屈曲模态为“S”形的梭形格构柱,初始几何缺陷的最不利方向成对出现,且均位于支座转动刚度较弱的平面,例如对于 $\lambda_m=26$ 梭形柱, 0° 方向和 180° 方向均为缺陷不利方向(见表 2).对于一阶弹性屈曲模态为“C”形的梭形格构柱而言,使单根分肢钢管受压的初始几何缺陷作用方向最为不利,对 $\lambda_m=73$ 梭形柱而言,初始几何缺陷作用在 60° 、 180° 、 300° 方向时稳定承载力系数较小,尤其是缺陷作用方向位于柱底转动刚度较弱的面内时,稳定承载力系数最小,其值为 1.08,见表 2.由分析可知,由于初

始几何缺陷的存在,改变了棱形格构柱的截面形状,使原本为正三角形的截面变成不规则三角形,导致其各个方向的抗弯刚度发生变化.且缺陷方向使单根分肢钢管受压时,对其抗弯刚度削弱最严重.

4.3 初始几何缺陷分布形式和幅值的影响

为考查初始缺陷分布形式和幅值对考虑柱底转动约束作用的棱形格构柱稳定承载力的影响,对两种不同长细比的棱形格构柱分别引入两种形式的初始缺陷:反对称的“S”形和对称的“C”形.缺陷幅值分别取值 $\delta_0 = L/1\,000, L/500, L/400, L/300, L/200$ (L 为棱形格构柱的轴线长度).缺陷的作用方向均取最不利方向.

图7和图8为初始几何缺陷分布形式及幅值对棱形格构柱稳定承载力的影响.由图7可以得出,随着缺陷幅值从 $L/1\,000$ 增大至 $L/200$, Q_u/Q_y 降低幅度高达17%以上,说明棱形格构柱对 $P-\delta$ 二阶效应的影响较为敏感,实际工程中应严格控制加工质量,尽量减小初始几何缺陷幅值.同时, Q_u 和初始缺陷的分布形式紧密相关,当初始缺陷的分布形式与一阶弹性屈曲模态一致时,棱形格构柱具有最低的极限承载力.因此,分析时应主要考虑一阶屈曲模态缺陷分布形式对棱形格构柱稳定承载力的影响.

棱形柱的最终破坏模式主要有3种(图8).当棱形柱的一阶屈曲模态为“C”形时($\lambda_m = 73$),“C”形初始几何缺陷对棱形柱的稳定承载力影响最大,其破坏模态为“C”形(图8c),由于柱底转动约束影响,最大挠度位置略向柱顶移动,此时的极限稳定承载力最低,其稳定承载力系数 $Q_u/Q_y = 1.23$ (缺陷幅值为 $L/500$).“S”形初始缺陷对 Q_u 的影响比较复杂,当缺陷幅值较小时($L/1000$),棱形柱的破坏模式转化为很不对称的“C”形(图8b);当缺陷幅值较大时($L/500$),棱形柱的破坏模式转化为“S”形(图8a),此时的稳定承载力系数为1.35,明显高于同幅值时“C”形缺陷的稳定承载力.对于一阶屈曲模态为“S”形的棱形柱($\lambda_m = 26$),“S”形初始几何缺陷对其稳定承载力影响最大,其破坏模态为“S”形(图8a),由于柱底转动约束的影响,最大挠度发生在靠近柱顶的半波波峰处,稳定承载力系数 $Q_u/Q_y = 1.25$ (缺陷幅值为 $L/500$);当“C”形初始几何缺陷的幅值较大时,棱形柱的破坏模态会转变为“C”(图8c),但最大挠度位置会偏向柱顶;当引入幅值较小的“C”形初始几何缺陷时,棱形柱的破坏模态仍为“S”形,且很不对称,最大挠度位置处于靠近柱顶的半波波峰处.

5 结 论

通过弹性屈曲分析和考虑大变形的弹塑性分析系统研究了考虑柱底转动约束时三管棱形格构柱的稳定性能,主要研究了支座转动刚度、初始几何缺陷对稳定性能的影响,得到以下主要结论:(1)考虑柱底支座转动约束作用的棱形格构柱的一阶屈曲模态为“S”形和“C”形两种形式,且随着柱底转动约束刚度的增大,一阶屈曲模态向不对称方向发展.抗弯刚度较弱、抗剪刚度较强时,棱形柱易形成“C”形弹性屈曲模态;抗弯刚度较强、抗剪刚度较弱时,棱形柱更易形成“S”形弹性屈曲模态.(2)考虑柱底支座转动约束影响后,棱形柱对初始几何缺陷的作用方向较为敏感,计算其稳定承载力时需考虑初始几何缺陷的最不利作用方向.当初始几何缺陷的作用方向位于柱底支座转动约束较弱的面内时,为其最不利方向.(3)棱形格构柱对初始几何缺陷的分布形式和幅值较为敏感,当分布形式与其一阶弹性屈曲模态一致时,稳定承载力最小,较大的初始几何缺陷会显著降低棱形柱的稳定承载力.

参考文献 References

- [1] 兰 勇,郭彦林,陈国栋.棱形钢格构柱弹性屈曲性能[J].建筑结构学报,2002,23(5):18-24.

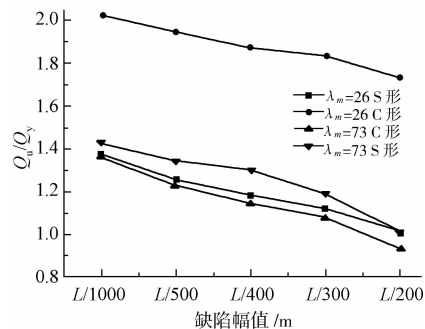


图7 初始几何缺陷分布形式及幅值的影响

Fig. 7 The distribution form and amplitude of initial imperfection

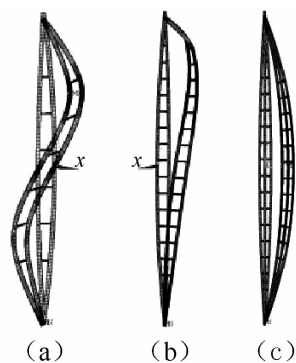


图8 三管棱形格构柱的三种破坏模式

Fig. 8 Three failure modes of the column

- LAN Yong, GUO Yan-lin, CHEN guo-dong. Elastic buckling behavior of shuttle-shape steel latticed column [J]. Journal of Building Structures, 2002, 23(5): 18-24.
- [2] 郭彦林, 陈国栋, 兰 勇. 三管梭形钢格构柱稳定极限承载力研究[J]. 建筑结构学报, 2002, 23(5): 25-30.
GUO Yan-lin, CHEN guo-dong, LAN Yong. Ultimate load-carrying capacity of 3-pipe shuttle-shape steel column [J]. Journal of Building Structures, 2002, 23(5): 25-30.
- [3] 兰 勇, 郭彦林, 刘 涛, 等. 三管梭形钢格构柱缩尺模型破坏性稳定试验研究[J]. 建筑结构学报, 2002, 23(5): 41-48.
LAN Yong, GUO Yan-lin, LIU Tao, et al. Experimental investigation to small-scale model of 3-pipe shuttle-shape steel latticed column [J]. Journal of Building Structures, 2002, 23(5): 41-48.
- [4] 郭彦林, 兰 勇, 高玉峰, 等. 三管梭形钢格构柱足尺寸破坏性稳定试验研究[J]. 建筑结构学报, 2002, 23(5): 31-40.
GUO Yan-lin, LAN Yong, GAO Yu-feng, et al. Experimental investigation of the full scale 3-pipe shuttle-shape steel latticed column [J]. Journal of Building Structures, 2002, 23(5): 31-40.
- [5] 郭彦林, 邓 科, 林 冰. 梭形柱的稳定性能及设计方法研究[J]. 工业建筑, 2007, 37(7): 92-95.
GUO Yan-lin, DENG Ke, LIN Bing. Stability behavior and design of longitudinal shuttle-shaped column [J]. Industrial Construction, 2007, 37(7): 92-95.
- [6] 田 伟, 赵 阳, 向新岸, 等. 考虑弯矩作用梭形钢格构柱的稳定性能[J]. 土木工程与环境工程, 2010, 32(6): 22-27.
TIAN Wei, ZHAO Yang, XIANG Xin-an, et al. Stability behavior of shuttle-shaped steel lattice columns with bending moment [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2010, 32(6): 22-27.
- [7] 田 伟, 向新岸, 赵 阳, 等. 考虑弯矩作用梭形钢格构柱稳定承载力非线性有限元分析[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(5): 42-48.
TIAN Wei, XIANG Xin-an, ZHAO Yang, et al. Nonlinear FEA of stability bearing capacity of shuttle-shaped steel lattice columns with bending moment [J]. Journal of Building Structures, 2010, 31(5): 42-48.
- [8] 王新毅, 童乐为, 谢 恩, 等. 上海世博会世博轴变截面钢管格构柱承载力试验与数值分析[J]. 建筑结构, 2010, 40(7): 34-38.
WANG Xin-yi, TONG Le-wei, XIE En, et al. Experimental and numerical investigation on load-carrying capacity of lattice tubular columns with variable cross sections of the Expo Axis [J]. Building Structure, 2010, 40(7): 34-38.
- [9] 王国周, 翟覆谦. 钢结构原理与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
WANG Guo-zhou, QU Fu-qian. Theory and design of steel structures [M]. Beijing Tsinghua University Press, 1998.

Research on stability of the 3-pipe shuttle-shaped steel latticed column with end restraints

HAO Ji-ping, YUAN Chang-lu, ZHONG Wei-hui

(School of Civil Eng., Xi'an Univ of Arch & Tech, Xi'an 710055, China)

Abstract: The stability behavior of the 3-pipe shuttle-shaped steel latticed column subject to axial compressive forces was investigated theoretically through elastic buckling analysis and geometrically and materially nonlinear analysis considering the effect of the end restraint moment at the column footing. The emphasis was on the effects of column footing rotational restraint stiffness, the orientation and distribution pattern of initial geometric imperfections on the stability behavior of shuttle-shaped steel latticed column. It was found that the first elastic buckling mode of shuttle-shaped steel latticed column considering the effect of the restraint moment involved S-shaped mode and C-shaped mode. It was also shown that the orientation of initial geometric imperfection had obvious influence on the stability bearing capacity of the column with the consideration of the restraint moment. The stability bearing capacity was sensitive to the imperfection distribution pattern, which was minimum when it was consistent to the first elastic buckling mode.

Key words: shuttle-shaped steel lattice column; restraint moment; initial imperfection; stability behavior